

- MCNAIR K. & JOYCE, B. (1979). *Teacher's thoughts while teaching: the South Bay study, part. II*. Michigan State University: Institute for Research on Teaching. R. Monograph, 58.
- MORINE-DESHIMER, G. (1979). Teacher plan and classroom reality. *Research Series*, n.º 59, Michigan State University.
- PACHECO, J. A. B. (1990). *Planificação didáctica: uma abordagem pratica*. Universidade do Minho: Instituto de Educação.
- PETERSON, P. L. & CLARK, C. M. (1978). Teacher's reports of their cognitive processes during teaching. *American Educational Research Journal*, n.º 15 (4), pp. 55-565.
- PETERSON, P.; SWING, S. R.; BRAVE-MAN, M. T. & BUSS, R. (1982). Student's aptitudes and their reports of cognitive processes during direct instruction. *Journal Of Educational Psychology*, 74 (4), pp. 535-547.
- PINTO, A. M. (1993). A metodologia de estimulação da recordação na investigação sobre os pensamentos interactivos do professor. *Actas do III Colóquio Nacional da AIPELF/AFIRSE, Avaliação em Educação*. Lisboa: Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação da Universidade de Lisboa.
- VEIGA SIMÃO, A. M. (1993). *O resumo: estratégias de ensino, estratégias de aprendizagem*. Dissertação de Mestrado em Ciências da Educação. Lisboa: Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação da Universidade de Lisboa (policopiado).
- VEIGA SIMÃO, A. M. (1994). *O resumo: Algumas reflexões: do pensamento à acção; algumas ocorrências: o pensamento sobre a acção*. *Actas do IV Colóquio da AIPELF/AFIRSE*, Lisboa: Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação da Universidade de Lisboa.
- YINGER R. (1986). Investigación sobre el conocimiento y pensamiento de los profesores: hacia una concepción de la actividad profesional. In L. M. Vilar Angulo (ed.). *Pensamientos de los profesores y toma de decisiones*. Sevilla: Publicaciones de la Universidad de Sevilla.

CONCEPÇÃO, DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE UM AMBIENTE DE APRENDIZAGEM INFORMATIZADO: REFLEXÃO SOBRE ALGUNS ASPECTOS METODOLÓGICOS

GUILHERMINA LOBATO MIRANDA
Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação
Universidade de Lisboa

1 Conceção de ambientes de aprendizagem informatizados

Temos assistido nos últimos quinze anos a uma progressiva introdução dos computadores nas escolas e salas de aula. A abundante literatura científica e pedagógica produzida sobre este assunto permite-nos emitir juízos sobre as potencialidades desta tecnologia e dos diferentes programas utilizados na melhoria da qualidade do processo de ensino-aprendizagem e conhecer os seus efeitos nas competências cognitivas e nos conhecimentos dos alunos.

No entanto, é necessário continuar a investigar as potencialidades de cada programa informático colocado ao dispor dos alunos e a influência de diferentes métodos de ensino nos seus modelos mentais e na aquisição de conhecimento disciplinar significativo (Littlefield, 1992). Nem todos os programas têm as mesmas potencialidades e nem todos os métodos de ensino são eficazes. De igual modo, é preciso aprofundar a análise da metodologia do planeamento destas inovações educativas, que sirva como guia para o desenvolvimento futuro nesta área. Neste sentido, Collins (1992) refere que, no momento histórico que vivemos, é importante sintetizar os resultados da investigação sobre a inovação tecnológica e desenvolver uma metodologia para levar a cabo planos experimentais¹. Estes vão permitir-nos estudar diferentes maneiras de usar a tecnologia nas escolas e elaborar uma ciência siste-

¹ Traduzimos as expressões "Design Science of Education" e "Design Experiments", utilizadas por Collins (1992), por "Ciência do Projecto Educativo" e "Planear Experimentos", pois a tradução literal "Desenho" não nos parece adequada.

mática do projecto educativo. Esta ciência não pode ser, no entanto, e como refere Collins, analítica como a física ou a psicologia cognitiva, mas antes uma ciência mais próxima da aeronáutica, da engenharia ou da inteligência artificial. São processos da modulação ou do artificial (SIMON, 1981, 1995) que visam mais a prescrição flexível do que pode e deve ser, a melhoria das condições em que se produzem determinados fenómenos, do que a análise das situações actuais; visam mais provocar acontecimentos controlados e observar o seu desenvolvimento e efeitos do que descrever o que já existe.

Uma tal ciência deve determinar como diferentes ambientes educativos podem contribuir para a aprendizagem. Tem por isso de ter subjacente uma concepção das condições que favorecem a aprendizagem, a cooperação e a motivação em ambientes escolares, quer dizer, tem de se basear numa concepção sobre a aprendizagem feita por meio do ensino explícito de determinados conhecimentos ou aprendizagem pela instrução (Resnick, 1983; Resnick & Glaser, 1986; Mendelshon, 1994; De Corte, 1995). Deve ainda identificar as diferentes variáveis que afectam uma inovação e especificar os valores críticos e de combinações possíveis desses valores. A nossa investigação insere-se nessa linha de procura.

2 Quadro de referência metodológico: o planeamento de experimentos educativos

Antes de descrever sumariamente o plano experimental conduzido, vamos referir os aspectos críticos referidos por Collins (1992) – e que tivemos em consideração no nosso trabalho –, para desenvolver uma metodologia neste domínio, que ultrapasse as limitações das metodologias anteriores, nomeadamente a do plano instrutivo, muito utilizada pelos psicólogos da educação (primeiro de orientação comportamental e mais recentemente de orientação cognitiva) e considerada demasiado prescritiva. Não existem, com efeito, planos instrutivos à prova dos contextos e seus utilizadores, como não existem currículos à prova do professor, e a excessiva prescrição contradiz o princípio construtivista, que é hoje tido como uma condição necessária para que se produza uma aprendizagem efectiva. A mesma posição crítica se poderia ter sobre a metodologia dos projectos emergentes, muito aceite pelos pedagogos, onde a falta de prescrição teórica e técnica, deixando quase todo o plano instrutivo ao sabor dos critérios dos utilizadores, conduz a infracções constantes de controlo de variáveis e à não consideração de princípios de aprendizagem empiricamente comprovados.

Entre os aspectos críticos, salientamos:

Os professores como co-investigadores

Qualquer experiência educativa deve ser concebida tendo em conta as opiniões dos professores envolvidos sobre os factores que podem condicionar o seu sucesso ou fracasso. Deve ainda suscitar questões que eles gostariam de ver respondidas. É absolutamente necessário, como refere Collins (1992), que os professores sejam considerados e assumam o papel de co-investigadores, ajudando a formular algumas das questões de investigação e dos planos a serem testados, colaborando no refinamento das experimentações em curso, dando contributos para a avaliação de determinados aspectos e relatando mesmo os resultados a outros colegas. Esta colaboração entre investigadores e professores baseia-se na ideia de partilha do saber e do saber-fazer próprios de cada grupo. Implica pois uma reciprocidade, quer dizer, os professores podem apoiar os investigadores a traduzir a teoria na prática e os investigadores podem ajudar os professores a conferir uma dimensão mais teórica à sua actividade, deste modo realizando uma prática mais baseada na investigação.

Comparação de inovações múltiplas

Tendo em vista a avaliação dos efeitos de diferentes inovações é importante levar a cabo múltiplas inovações em cada local e em diferentes locais.

No mesmo local é possível manter constante os professores, os alunos, a cultura escolar, etc.. Em diferentes locais é possível fazer variar estes factores sistematicamente.

Avaliação objectiva

Para desenvolver uma teoria do projecto educativo, temos que romper com o padrão de serem os próprios investigadores a testar as inovações para ver se funcionam. Temos que levantar questões relativas ao modo como diferentes inovações funcionam (bem ou mal) e em que circunstâncias. Para alcançar este objectivo precisamos de “olhar” diferentes inovações de um modo objectivo. Enquanto testamos algumas das nossas tecnologias, outras tecnologias devem estar presentes no mesmo local, sem a presença do investigador na equipa responsável, de modo a ser possível estabelecer comparações.

Consideração de vários conhecimentos especializados

Em qualquer projecto educativo para uma sala de aula (ou mesmo uma unidade maior) existe um grande número de variáveis que podem afectar os resultados. O objectivo deve ser o de identificar tanto quanto possível todas as variáveis que influenciam os resultados num determinado contexto educativo. Para isso é necessário ter em conta o conhecimento de vários especialistas: professores, técnicos de informática, psicólogos, antropólogos, etc. Algumas vezes, estes saberes especializados podem pertencer a uma mesma pessoa mas as perspectivas múltiplas são necessárias.

Variação sistemática nos mesmos locais

Para testar hipóteses específicas acerca de questões relativas a determinados projectos educativos, é melhor fazer comparações também elas específicas num mesmo local. Neste caso muitas variáveis podem manter-se constantes, enquanto se levantam questões como, por exemplo, a estrutura da classe ou o papel do professor ou as actividades desenvolvidas com uma determinada tecnologia

A ideia subjacente a esta concepção é a de que, como refere Glaser (1992), um modo produtivo de compreender melhor os processos e resultados da aprendizagem é construir ambientes que os elicitam e produzam. Os professores devem manter-se interessados sobre as questões de investigação e estar confiantes na sua capacidade de executar as duas ou mais variações satisfatoriamente, com o apoio dos investigadores.

Revisão flexível do projecto

Muitas vezes os professores ou/e os investigadores sentem que um determinado projecto não está a funcionar como previsto, logo no início do ano escolar. É importante determinar as razões que levam a que isso aconteça. Neste sentido acumula-se informação sobre as falhas que são tão importantes como os aspectos conseguidos. É muito importante documentar a natureza das falhas, das várias tentativas de revisão bem como dos resultados globais da experiência.

Avaliação múltipla do sucesso ou falha do projecto

O resultado de uma inovação educativa não pode ser apenas avaliada em termos da aprendizagem dos alunos. Existem muitos outros critérios de avaliação para responder a questões como:

- até que ponto o projecto educativo é sustentável depois dos investigadores deixarem o local?

- qual o grau de facilidade (ou de dificuldade) de concretização do plano na prática?
- até que ponto o projecto enfatiza o raciocínio e a reflexão como contraponto à aprendizagem de rotina (*root learning*)?
- como é que a experiência afecta a motivação dos alunos e dos professores?
- até que ponto encoraja os alunos a apoiar outros alunos a aprender, quer dizer, encoraja a cooperação entre alunos?
- etc.

Para avaliar estas diferentes variáveis é necessário utilizar um conjunto variado de técnicas, incluindo provas normalizadas e de critério pré e pós-teste e avaliações emergentes do ambiente da sala de aula, recorrendo a processos mais qualitativos, como observações, entrevistas e registos vídeo das salas em funcionamento. A resposta às questões de manutenção da inovação, do plano experimental, requer estudos de *“follow-up”* para ver o que aconteceu nos anos que se seguiram ao “abandono” do local pelos investigadores.

Foi este o quadro metodológico geral que adoptámos. Passaremos agora a descrever brevemente o plano experimental concebido.

3 Concepção de um ambiente de aprendizagem da programação informática em LOGO no 4º ano da escolaridade

O contexto

Queríamos desenvolver um plano experimental a partir de uma realidade já existente, quer dizer, a partir de uma escola onde já existisse uma certa inovação tecnológica. Utilizando uma metáfora, seria um projecto que emergiria de um outro projecto, como as “bonecas russas”. Por isso, a primeira fase da investigação consistiu na escolha de uma escola que oferecesse garantias para desenvolver o trabalho empírico. Para avaliar as condições, durante o primeiro ano de trabalho, observámos três escolas, na zona da Grande Lisboa, que tinham computadores e os utilizavam com uma certa regularidade. O objectivo primordial desta 1ª fase foi identificar o maior número possível de variáveis que nos permitissem ajuizar sobre o grau de sucesso ou falha da inovação e determinar a escola que melhor condições oferecia para

desenvolver o plano experimental. As variáveis que tivemos em consideração foram:

- as tecnologias disponíveis, sobretudo a actualidade dos computadores (do hardware);
- os programas disponíveis (o tipo, quantidade e qualidade do software);
- o número de computadores existentes, o local e a sua organização;
- os papéis dos alunos e dos professores quando trabalhavam com os computadores;
- a manutenção dos computadores, a sua actualização (up-grades), possibilidade de introduzir novos programas e outro tipo de suporte dado aos professores;
- o tempo disponível dos professores para planear e preparar as actividades a realizar nos computadores;
- a organização do tempo e das actividades no computador;
- as interligações das actividades nos computadores com as restantes actividades escolares;
- a formação dos professores para trabalhar com estas novas tecnologias;
- a abertura da direcção da escola face a esta tecnologia e face à investigação e o seu grau de empenhamento nesse processo;
- a motivação dos professores na realização das actividades com os computadores e a sua disponibilidade para participar num projecto de investigação;
- a motivação e empenhamento dos alunos nas actividades realizadas com os computadores.

Poderíamos ainda encontrar mais variáveis. O processo da sua identificação está sempre em aberto.

Em cada escola foram identificadas e “classificadas” estas variáveis. Esse processo baseou-se na observação naturalista das actividades realizadas (com e sem computador), em entrevistas semi-estruturadas conduzidas com a direcção e os professores, na permanência nas escolas nos momentos informais, ou seja, ‘no andar por ali a ver, a ouvir e mesmo participar’. Optámos pela escola que obteve uma melhor classificação no conjunto das variáveis definidas. Por exemplo, em relação à primeira e segunda variáveis, só uma das escolas tinha computadores actualizados e uma diversidade de programas, todos eles de estrutura aberta e interactivos. Era ainda nessa escola que os professores tinham apoio técnico para a manutenção e actualização dos computadores e tempo para planificar as actividades a realizar.

A segunda fase do trabalho, ainda durante o primeiro ano, consistiu em analisar como estas variáveis interagiam de modo a poder ajuizar sobre o sucesso ou falha da inovação. Existem vários aspectos a ter em consideração. Vamos referir os que nos parecem determinantes:

- pode acontecer que sem tempo suficiente nos computadores (no mínimo duas horas semanais por criança – 60 horas num ano escolar), a inovação tecnológica seja mais desvantajosa (em termos de tempo do professor e interrupção das actividades correntes, como refere Collins, 1992) do que vantajosa (em termos das aprendizagens dos alunos, como mostraram Pea & Kurland, 1984);
- talvez a melhor utilização dos computadores com um “grau moderado de saturação” seja baseada em actividades realizadas em áreas de trabalho. De igual modo, a melhor utilização com um “grau elevado de saturação” é ter os alunos a trabalhar em projectos, por longos períodos de tempo, em que o professor actua como um “suporte-catalisador” e os alunos podem trocar informações. Determinar o grau de saturação de computadores, i.e., o número de computadores necessários, depende dos objectivos que se pretende atingir e ainda dos condicionalismos da escola. As professoras com quem trabalhamos afirmaram, numa avaliação realista, que se fosse possível ter computadores em cada sala, seriam necessários pelo menos três, organizados numa área de trabalho, para que todos os alunos pudessem trabalhar de modo rotativo. Esta opção não invalidaria a necessidade de uma sala de computadores, onde todas as crianças pudessem trabalhar em simultâneo. O que não parece possível é pensar que com ‘poucos computadores’ e ‘pouco tempo de utilização’ se consiga alcançar resultados positivos;
- os programas temáticos, segundo Collins (1992), como programas de geografia, de física ou de matemática, podem ser difíceis de integrar no ambiente da classe, por mais bem concebidos que estejam, devido aos custos que acarretam, nomeadamente o de pôr a classe inteira a trabalhar em função dos objectivos do programa (do software). As ferramentas mais genéricas ou abertas podem ser mais facilmente integráveis na sala de aula pois inserem-se melhor nos objectivos dos professores e dos alunos. Já Clements, em 1985, chamava a atenção para este facto: os programas de estrutura aberta, como os processadores de texto, as bases de dados, as folhas de cálculo, os programas de desenho, os micromundos, as simulações e mesmo as linguagens de programação, são mais

facilmente integráveis pelos professores nas actividades curriculares do que os programas assistidos por computador (CAI).

Tendo em conta estes critérios, optámos pela escola que acumulou mais aspectos positivos. A escola onde se desenvolveu o plano experimental apresentava as seguintes características face à inovação tecnológica:

- os computadores e programas estavam actualizados (na época em que se iniciou o trabalho empírico, a saber, no ano lectivo de 1994/95): 13 computadores Macintosh LC II montados em rede, impressora laser a cores; vários programas de estrutura aberta (programa de desenho KidPix; programa de processamento de texto Clariswork; programa multimédia Hypercard; Logowriter versão 2.0; Lego-Logo; vários programas de jogos exploratórios); e periféricos (ratos, microfones, câmaras de filmar);
- os computadores estavam organizados numa sala própria – laboratório – de acesso fácil para todas as classes (do 1º ciclo e do pré-escolar);
- o número de computadores (13) permitiam um grau de saturação elevado, quer dizer, cada classe podia trabalhar em simultâneo, em grupos de 2 crianças por computador (e raramente 3 crianças);
- cada classe dispunha, no mínimo, de duas horas semanais e as actividades no computador eram sempre acompanhadas pela professora e um técnico (licenciado em psicologia com formação em informática);
- as actividades realizadas, depois de uma fase de familiarização das crianças com os computadores e os programas, tinham uma relação com as actividades curriculares (os programas disponíveis eram utilizados para atingir objectivos curriculares);
- os professores dispunham de algum tempo para planear as actividades no computador e relacioná-las com as actividades curriculares (embora o considerassem insuficiente), mas não tinham suporte técnico-científico para fazer esta ligação;
- a manutenção dos computadores estava assegurada por uma equipa técnica;
- a formação técnica dos professoras estava garantida (duas unidades de formação inicial e formação continuada);
- uma direcção aberta à investigação e que valorizava as actividades no computador.

Estes eram os aspectos positivos que nos garantiam as condições necessárias para levar a cabo o plano experimental. Existiam também alguns

aspectos negativos, que foram assinalados pelas professoras durante as entrevistas inicialmente realizadas. Entre eles, há que salientar:

- dificuldade de articular as actividades realizadas na sala de aula com as efectuadas nos computadores, devido aos horários destinados a cada grupo nos computadores (este problema foi sendo superado no decurso do ano lectivo);
- falta de manuais em português dos programas disponíveis;
- falta de tempo para aprofundar o conhecimento técnico de cada programa e pensar em propostas de exercícios a realizar;
- excesso de actividades curriculares suplementares, dadas por outros professores (música, educação física, inglês), e de actividades extracurriculares, que “roubavam” tempo às actividades lectivas fundamentais (língua materna, matemática e meio físico e social); as actividades no computador eram também sentidas, por algumas professoras, como qualquer coisa que consumia muito tempo e interrompia as tarefas lectivas consideradas fundamentais; outras professoras consideravam-nas motivadoras e inseríveis nas actividades lectivas, quer dizer, utilizavam os computadores para atingir objectivos curriculares. Por exemplo, usavam o processador de texto para ensinar a escrever, fazer exercícios de gramática, composições, ditados...; o programa de desenho, para fazer desenhos, ilustrar composições...; o programa Hypercard para realizar projectos relacionados com o meio físico e social...

Passaremos agora a descrever sumariamente o programa informático utilizado e as restantes fases do projecto.

O LOGO

O LOGO, linguagem de programação concebida por Papert *e col.* em finais dos anos sessenta no MIT (Massachusetts Institut of Tecnology), especialmente para uso das crianças a partir dos 4-5 anos, tem sido introduzido nas escolas com objectivos diversos. Para alguns, trata-se de um meio para iniciar as crianças na actividade de programação computacional, considerada a verdadeira alfabetização informática, analisando as dificuldades e a progressão da aprendizagem de conceitos como iteração, modularidade simples e complexa, e recursão. Para outros, trata-se de utilizar o LOGO como um meio ao serviço de outras finalidades, como da

aquisição de noções matemáticas e geométricas ou do desenvolvimento de competências cognitivas e metacognitivas que tornam a aprendizagem mais eficaz. O que de essencial está em causa nestas duas perspectivas é legitimar o "aprender a programar" ou "a programar para aprender" o que, como refere Mendelshon (1990), acaba por se relacionar, pois se o aluno não dominar minimamente a actividade de programação, ela não pode estar ao serviço de outras finalidades, como a transferência de competências cognitivas e a aprendizagem de conceitos matemáticos.

Os resultados das inúmeras investigações, produzidas durante a década de 80 e início da década de 90 sobre a utilização do LOGO por crianças em idade escolar, permitem-nos ter uma visão mais realista das possibilidades desta linguagem de programação. Os resultados das primeiras investigações que visaram testar as hipóteses "dos efeitos cognitivos" e "dos efeitos nos conhecimentos" deram-nos uma imagem mais decepcionante do que encorajante face às expectativas geradas pelos seus criadores (ver, por exemplo, os trabalhos de Pea & Kurland, 1984, e de De Corte & Verschaffel, 1986). Investigações posteriores, que tentaram colmatar algumas das insuficiências nos planos experimentais e nos métodos instrutivos, obtiveram resultados positivos nas competências cognitivas, nos conhecimentos e transferência destas competências e conhecimentos para tarefas similares (ver, entre outros, De Corte *et al.* 1991; Leher *et al.*, 1988; Littlefield *et al.*, 1988). A falta de resultados positivos parece pois ser mais consequência das insuficiências metodológicas dos planos experimentais (nomeadamente de os investigadores não terem avaliado os conhecimentos LOGO adquiridos pelas crianças antes mesmo de avaliarem a transferência) e dos métodos instrutivos utilizados (para ensinar a programar e a transferir) do que da própria linguagem de programação. Esta parece não levantar grandes problemas, se a compararmos com a outra linguagem também muito utilizada no ensino, o Prolog, que tem levantado mais problemas na sua aprendizagem e tem obtido poucos resultados interessantes (Mendelsohn, Green & Brna, 1990).

Na nossa investigação pensámos em utilizar o LOGO como um meio de as crianças aprenderem algumas noções informáticas e geométricas e desenvolverem competências cognitivas e metacognitivas que, na literatura especializada, se consideram estimuláveis com a utilização desta linguagem informática. Procurámos que a aprendizagem da programação fosse um meio de familiarizar as crianças com alguns conceitos computacionais, aprendendo a utilizar estratégias cognitivas e metacognitivas que activam a "vida mental" e facilitam a aprendizagem e a resolução de problemas. De facto, hoje sabemos que a capacidade de resolver novos problemas e de abordar tarefas desafiadoras requer a aquisição de quatro categorias de

aptidões² (ver, por exemplo, De Corte, 1995): 1) aplicação flexível de conhecimentos bem organizados na memória, de um dado domínio disciplinar; 2) métodos heurísticos, quer dizer, estratégias sistemáticas para analisar e transformar os problemas; 3) conhecimento e competências metacognitivas, i.e., conhecimento sobre o nosso funcionamento cognitivo e actividades de controlo e regulação dos processos cognitivos; e 4) componentes afectivas, que envolvem crenças, atitudes e emoções e traduzem o conjunto de reacções afectivas à aprendizagem. Requer ainda predisposição para usar estas competências (Perkins *et al.*, 1993). Daqui decorre que uma das facetas importantes da competência é estar disposto a fazer o que se sabe e da melhor maneira possível. Não é suficiente ensinar os alunos a saber e a saber-fazer, é ainda importante modelar atitudes que os predisponham a realizar o que aprenderam e o que sabem com a perfeição de que forem capazes. Neste aspecto, Bruner (1960, 1966) tem razão quando afirma que a predisposição para aprender depende de vários factores, entre eles, os emotivos e culturais, e que a exposição da criança a modelos adultos que encarnem a competência e a disponibilidade para a usar no quotidiano, é uma das variáveis responsáveis pela formação da "vontade de aprender". Por isso, tentámos que as aprendizagens instrumentais e os conhecimentos procedimentais característicos do LOGO se baseassem na aquisição de conteúdos geométricos e computacionais, quer dizer, apoiassem a aquisição conceptual. Só assim, as professoras com quem iríamos desenvolver o trabalho experimental, se poderiam motivar e considerar esta ferramenta informática como um meio para atingir objectivos pedagógicos. Sem professores motivados e que atribuam sentido às actividades realizadas com os computadores, dificilmente conseguiríamos gerar um clima de entusiasmo (em termos emocionais) e desafiador (em termos cognitivos) nas actividades a realizar com as crianças. Durante as entrevistas inicialmente realizadas, as professoras exprimiram a preocupação pelo facto de a aprendizagem da geometria no 1º ciclo ser difícil para as crianças e o programa disperso e pouco estimulante. Pensavam que o LOGO era um bom meio de a tornar mais experimental, viva e reflectida. O LOGO poderia ainda, segundo as professoras, ajudar as crianças a raciocinar e a verificar que nos computadores se podem realizar actividades que "obrigam a pensar" e não só actividades práticas e de jogo. O LOGO, como referiram algumas delas, "obriga-os a pensar e obriga-nos também a nós a pensar".

² O termo aptidão é aqui utilizado no sentido amplo, tal como foi definido por Snow (1992), nomeadamente, como qualquer característica do aluno que pode influenciar a sua aprendizagem e a actividade de resolução de problemas e ainda as suas realizações.

Foi deste modo que começámos a elaborar um “programa” de aprendizagem que contemplasse as três dimensões referidas, a saber: aprendizagem de conceitos de computação; aprendizagem de conceitos geométricos; e aprendizagem de competências cognitivas e metacognitivas.

Os conceitos informáticos a serem aprendidos foram: as primitivas da linguagem, os procedimentos, subprocedimentos e superprocedimentos (iteração, modularidade simples e complexa) e a noção de variável computacional; as noções geométricas foram: ângulos, polígono regular e círculo; e as competências cognitivas e metacognitivas foram as seguintes: planejar, heurística de decomposição de problemas em subproblemas de mais fácil resolução, detecção de erros e sua correcção, e representação externa de problemas.

Esta foi a base que nos forneceu as pistas para elaborarmos concretamente o plano experimental. Nela tivemos sobretudo em conta os resultados das investigações anteriores realizadas com esta linguagem de programação e o primeiro princípio descrito por Collins: considerar os professores com quem iríamos desenvolver o plano experimental como parceiros e co-investigadores.

O plano experimental

Depois desta primeira fase, e visto o nosso trabalho não estar integrado em nenhuma linha de investigação da Faculdade a que pertencemos, quer dizer, só podermos contar connosco, com a equipa de apoio técnico e com as professoras da escola, optámos por um plano que fosse realista, quer dizer, executável com os recursos de que dispúnhamos. Seguimos, portanto, o princípio de variação sistemática no mesmo local referido por Collins (princípio 5) e formulámos questões e hipóteses de investigação específicas, algumas delas emergentes do anterior trabalho feito com as professoras.

A maioria delas pensava que a iniciação ao LOGO só deveria ser feita a partir do 3º ano da escolaridade (crianças de 8-9 anos), pois antes as crianças não têm maturidade cognitiva para compreender os formalismos de uma linguagem de programação. Por outro lado, o ano anterior ao trabalho experimental foi de formação das professoras com os computadores e ainda de familiarização das crianças com alguns programas. Por isso, as professoras que se mostraram mais disponíveis quando iniciámos a recolha intensiva de dados eram as do 3º ano, que no ano seguinte estariam no 4º. Gostaríamos e teria sido mais produtivo ter iniciado a aprendizagem do LOGO no 3º ano e continuar no 4º, com as mesmas crianças, agora para desenvolver o plano experimental. De facto, o início da aprendizagem dos formalismos do LOGO,

nomeadamente do seu alfabeto e gramática (sintaxe e semântica), leva muito tempo e não é fácil de assimilar pelas crianças. É como conhecer uma nova linguagem. Esta aprendizagem inicial dificulta a concentração nos aspectos mais elaborados do LOGO, nomeadamente nalgumas das suas *ideias poderosas*, como a modularidade simples e complexa. Dificulta ainda a aquisição das competências cognitivas que lhe estão associadas como, por exemplo, a decomposição de problemas nas suas unidades básicas, a sua integração em macro-acções (planeamento), e posterior reutilização noutros problemas. Se tivéssemos começado com crianças do 3º ano, estas no 4º ano dominariam já os formalismos básicos deste novo sistema simbólico e poderiam mais facilmente concentrar-se nos aspectos mais compreensivos da linguagem, i.e., em algumas das suas ideias principais. Isto não foi possível. Por isso, trabalhamos com as crianças das três classes do 4º ano da escolaridade que existiam na escola. Houve ainda outros factores, de natureza menos pragmática, que nos levaram a escolher crianças destas idades (9-10 anos). Entre eles salientamos o facto de ser um período sensível do desenvolvimento cognitivo, de transição³ das operações concretas para as operações formais (em termos piagetianos). Embora Piaget indique que o início das operações formais se dá, em média, por volta dos 11 anos, autores mais recentes e de inspiração piagetiana, como Blanchet (1980) e Case (1985), pensam que entre os 9 e os 10 anos se dão profundas transformações nas estruturas e processos de pensamento, o que tornaria estas idades mais permeáveis a uma intervenção educativa que vise estimular e “treinar” competências cognitivas. Neste sentido, Richard (1982) considera que uma das mudanças mais importantes que se operam na capacidade de raciocínio das crianças entre os 10-12 anos é a aquisição da capacidade de planejar. Blanchet (1980) considera que esta se evidencia mesmo antes, por volta dos 9-10 anos, facto que não escapou ao olhar atento de Piaget (1972, 1974, 1978) que considera que nestas idades as crianças começam a ser mais capazes de efectuar cálculos e de deduzir, i.e., “*procuram raciocinar antes de agir*” (Piaget, 1978, p. 40). É ainda neste período que o desenvolvimento metacognitivo, i.e., a capacidade de analisar os processos cognitivos e de utilizar estratégias de controlo e regulação dessa actividade, se torna evidente. Alguns autores (por exemplo, Nisbet &

³ Os “períodos de transição” (Inhelder, Sinclair & Bovet, 1974; Piaget & Inhelder, 1966), “períodos abertos” (Kohlberg & Mayer, 1972, 1979) ou “zona potencial de desenvolvimento” (Vygotsky, 1968), são terminologias utilizadas pelos psicólogos para designar os períodos óptimos de desenvolvimento das estruturas e processos mentais, onde intervenções educativas com determinadas características, nomeadamente o “treino” de certas operações e competências, podem apoiar as crianças e desenvolvê-las e a funcionar em níveis superiores aos que habitualmente utilizariam.

Schucksmith, 1986) chamam precisamente a atenção para a necessidade de iniciar o ensino formal de estratégias de controlo da actividade cognitiva por volta dos 9-10 anos, considerando o período que vai dos 10 aos 14 anos como o mais permeável à aprendizagem formal de estratégias e métodos de estudo.

Constituição dos grupos (população estudada)

Para constituir grupos equivalentes no maior número possível de variáveis, seguimos o procedimento habitual nestas situações. Recolhemos, no início do ano lectivo (Outubro 94), elementos sobre o nível sócio-económico das famílias – escolaridade e profissão do pai e da mãe –, que foram classificadas de acordo com as categorias sócio-profissionais de João F. Almeida (1988), e as idades e sexo das crianças das três classes; e foi ainda passado um teste de nível intelectual, a ECNI (Escala Colectiva de Nível Intelectual).

Foi com base nestes elementos que se constituíram três Grupos-Classes equivalentes. Apenas três crianças não entraram na análise dos resultados, embora tenham participado na experiência e em todos os momentos de realização e avaliação, não tendo tal facto sido comunicado às professoras, para evitar o possível efeito de expectativas negativas ou de “profecias auto-realizadas”, também conhecido como “efeito pigmalião” (Rosenthal & Jacobson; 1968, 1973). Os testes estatísticos efectuados mostraram que os três grupos eram equivalentes nas variáveis consideradas. Igualmente se comprovou, recorrendo a testes de correlação (*teste de Pearson – Pearson Product Moment Correlations*), que as avaliações pedidas às professoras sobre a realização das crianças nos domínios da língua materna, matemática, computadores e global se relacionavam significativamente com os valores de QI obtidos pelas crianças das três classes na ECNI: QIv, QInv, QIt ($p < .05$).

A equivalência entre os três grupos e a correlação significativa das avaliações das professoras com os resultados obtidos na ECNI eram uma garantia (condição necessária) para estabelecer comparações futuras e testar as hipóteses formuladas. Além disso, as professoras tinham uma visão “realista” das realizações das crianças. Seguiam ainda o mesmo programa, utilizavam manuais escolares comuns, tinham o mesmo horário lectivo, planeavam muitas actividades em comum e, em termos genéricos, organizavam os trabalhos de modo similar; as actividades complementares eram iguais para os três grupos de crianças. As variações no plano instrutivo e a sua avaliação poderiam agora ser introduzidas e testadas com alguma segurança.

Hipóteses

Como referimos, o objectivo principal da investigação consistia em desenvolver e avaliar um ambiente de aprendizagem de programação em LOGO, em estreita colaboração com os professores, que conduzisse à aquisição e transferência de algumas competências cognitivas e à aprendizagem de algumas noções geométricas. Focámo-nos num subconjunto de competências de resolução de problemas que são consideradas sensíveis à aprendizagem da programação informática (duas competências metacognitivas – planejar e detectar/corrigir erros e duas heurísticas – decomposição de problemas e representação externa dos problemas) e num subconjunto de noções geométricas (ângulos, polígonos regulares e círculo).

Tendo em conta os resultados das primeiras investigações sobre a hipótese dos efeitos cognitivos, os resultados das recentes investigações da psicologia cognitiva da aprendizagem de tarefas complexas e a importância da variação do ambiente instrutivo para controlar os efeitos sobre a aprendizagem, considerámos essencial cumprir as seguintes condições para alcançar efeitos de transferência. Os alunos:

1. deveriam adquirir um conhecimento suficiente do domínio, no nosso caso, dos principais conceitos e características da linguagem LOGO (adequado, como é óbvio, à capacidade de compreensão de crianças de 9-10 anos; as análises desenvolvimentistas feitas à actividade de programação em LOGO, primeiro por McKeough (1985) e depois por Mendelsonh (1991), foram um guia precioso para estabelecer os limites do conhecimento de programação a propor às crianças);
2. deveriam aprender a dominar minimamente as heurísticas e as competências cognitivas no próprio ambiente LOGO;
3. deveriam ser ensinados a descontextualizar as competências cognitivas aprendidas no ambiente LOGO (as estratégias sugeridas por Salomon & Perkins, 1986 – abstracção significativa e descontextualização progressiva do domínio de aplicação – forneceram-nos preciosas ideias para o ensino do *transfert*);
4. dever-lhes-iam ser dadas tarefas e exercícios em LOGO que conduzissem à aquisição de noções geométricas (a análise do programa de matemática do 1º ciclo, dos manuais de matemática destinados aos 3º e 4º anos da escolaridade, o conhecimento das professoras e a teoria dos níveis de conhecimento geométrico de Van Hiele, foram guias que nos permitiram conceber esses exercícios).

A hipótese central deste trabalho foi então formulada do seguinte modo: quando as três condições acima referidas são satisfeitas, ocorrerá a transferência das competências cognitivas.

A satisfação da quarta condição conduzirá a uma aprendizagem mais sólida das noções geométricas (que acabou por funcionar como uma *sub-hipótese*).

A variação do ambiente instrutivo tem influência nos efeitos de transferência e nos conhecimentos (de computação e geométricos) adquiridos pelos alunos.

Para testar estas hipóteses, a experiência foi conduzida de acordo com um plano *pré-teste/pós-teste* com uma *Classe Experimental* (C. E.) e duas *Classes de Controlo* (C.C.1 e C.C.2). Todas as classes utilizaram o LOGO no contexto das actividades curriculares, mas só na C. E. se tentou implementar o programa instrutivo que satisfizesse as quatro condições acima referidas. As duas Classes de Controlo utilizaram o LOGO segundo os critérios das duas professoras, apoiadas pela equipa técnica (psicólogos com formação em informática).

Na C. E., e em conjunto com a professora, foi ministrada a aprendizagem do LOGO, durante um ano lectivo, em duas sessões semanais, com a duração média de 1 hora cada (total aproximado de 50 horas). As crianças aprenderam as primitivas e procedimentos da linguagem LOGO (o seu alfabeto e a gramática elementar), a realizar ângulos de várias dimensões, polígonos regulares e projectos mais ambiciosos. Foi ainda ensinado às crianças duas estratégias para escrever programas: uma estratégia "top-down" e outra "bottom-up". Cada uma delas incluiu duas fases. Na estratégia "bottom-up" as crianças foram construindo vários procedimentos como triângulos, quadrados, rectângulos, círculos, etc. que depois tentaram integrar num projecto mais ambicioso, que era uma casa e depois um bairro. Foram incentivadas a planear o projecto, representando no papel o que desejavam, integrando as várias componentes já feitas e acrescentando outras, nomeadamente procedimentos de deslocação, executando com o LOGO o projecto delineado, detectando e corrigindo erros. Na segunda estratégia, "top-down", as crianças fizeram o percurso inverso: imaginaram projectos que queriam realizar, elaboraram um plano gráfico e com instruções em papel quadriculado. Por outras palavras, geometrizaram o que haviam imaginado e decompuseram o plano assim geometrizado nas suas componentes, concebendo instruções para o plano no seu conjunto e para cada uma das suas partes. Depois passaram à execução do plano no LOGO e à sua correcção. Podemos desde já adiantar que as crianças mais imaginativas e seguras no trabalho com o LOGO não gostaram desta estratégia.

O trabalho de concepção, que exige esforço intelectual, estava apenas contido na elaboração no papel, momento que estas crianças apreciaram e em que se envolveram activamente. No LOGO tratava-se apenas de um trabalho de execução e correcção, tarefa que consideraram monótona. As crianças mais inseguras aderiram melhor a esta estratégia, pois ela garantia-lhes um produto final no LOGO de qualidade igual ao dos seus pares mais avançados. Por isso, revimos esta estratégia. Foi pedido às crianças que imaginassem um projecto e o desenhassem no papel (concebessem um plano em forma de esboço e lhe dessem uma forma geométrica, mas sem instruções) e depois o realizassem no LOGO (o trabalho de concepção pormenorizada era feito em interacção com a linguagem). Esta estratégia era mais motivadora para as crianças. O planeamento prévio pormenorizado não nos parece uma boa solução. De facto, as estratégias de planeamento são mais "oportunistas" (Hayes-Routh & Hayes-Routh, 1979), e muitas delas ocorrem durante a acção e não antes de esta se realizar.

Foi durante a aprendizagem destas duas estratégias de programação que as competências cognitivas foram exercitadas (planear, representando externamente os problemas, desagregá-los nas suas componentes elementares e depois detectar e corrigir os erros aquando da sua execução) e os conhecimentos geométricos aprendidos (construir diferentes formas, com lados e ângulos de diferentes dimensões. Foi o caso, por exemplo, da aprendizagem mais formal da noção de ângulos internos e externos introduzida porque a tartaruga só faz ângulos externos. Foi muito interessante observar como crianças de 9-10 anos se empenharam e até entusiasmaram na aprendizagem de uma noção tão abstracta como a de ângulo, considerada como a intercepção de planos). Foi ainda durante esta fase que se utilizou o método da aprendizagem mediatizada (Littlefield *et al.*, 1988), quer dizer, as competências cognitivas utilizadas foram nomeadas, analisadas e discutidas com as crianças (abstracção significativa), sendo-lhes ainda mostrado a sua possível aplicação noutros contextos (descontextualização). Para concretizar este plano, a investigadora reunia semanalmente com a professora, para planear exercícios e sequências instrutivas, analisar o que estava a ocorrer, modificar aspectos que nos pareciam não estar a funcionar bem, desde os exercícios propostos até à constituição dos grupos – as crianças trabalharam aos pares (princípio 6 de Collins, revisão flexível do plano instrutivo).

Nas duas Classes de Controlo, a aprendizagem do LOGO ficou ao critério das duas professoras apoiadas pelos psicólogos-informáticos da equipa de apoio técnico e de formação.

A investigadora esteve presente, sempre que possível, nas sessões realizadas (em média, duas sessões semanais de uma hora cada), observando

o trabalho realizado por professoras-membros da equipa técnica e crianças; reuniu ainda várias vezes com estas professoras para conversar e realizar entrevistas semiformais, para tentar perceber as suas intenções, dificuldades e opiniões (e também para evitar o “efeito de Hawthorne”). O mesmo aconteceu com os membros da equipa técnica.

O ambiente de aprendizagem Logo na C. E.

Em conjunto com a professora da C. E., elaborámos um programa de aprendizagem do LOGO (ver Quadro 1). Ao longo da sua concretização, ele foi sendo reformulado, tendo em conta a progressão das crianças, as suas dificuldades e as diferenças de realização entre os alunos (diferenciação por grupos). Não vamos referir os aspectos e pormenores do desenvolvimento do plano.

A professora da classe, com o apoio da investigadora, encarregou-se do ensino do LOGO. As duas Classes de Controlo utilizavam igualmente os computadores em duas sessões semanais de uma hora cada, apoiadas pelos membros da equipa técnica.

O ensino do LOGO na C. E. consistiu em duas componentes interligadas: ensino das principais primitivas e conceitos do LOGO tendo como base um conjunto de exercícios que faziam apelo a noções geométricas e treino das duas estratégias de programação.

Ensino das principais primitivas e conceitos do Logo

O conteúdo das sessões do LOGO com as 28 crianças da C. E. consistiu, numa primeira fase, no ensino e aprendizagem das primitivas básicas do LOGO (PF/PT, VD/VE, LC/LB, LE, MT/ET, Rápida/Lenta, etc.), na utilização do comando REPETE, na escrita de procedimentos e superprocedimentos e na utilização das cores.

Trabalhámos com uma concepção moderadamente construtivista da aprendizagem, quer dizer, considerámos que um ambiente de aprendizagem estimulante deve ser caracterizado por um balanço equilibrado entre a aprendizagem pela descoberta e a instrução sistemática. Quer isto significar que as crianças, que trabalhavam aos pares, tinham sempre sugestões de actividades em cada sessão, que permitiam uma exploração guiada das principais primitivas e conceitos do LOGO mas que, ao mesmo tempo, lhes davam um certo grau de liberdade na exploração das primitivas e conceitos a serem aprendidos.

Quadro 1. Programa instrutivo do Logo na C. E.

| SESSÕES | ACTIVIDADES: 1ª PARTE DO PROGRAMA APRENDIZAGEM DAS PRIMITIVAS, PRINCIPAIS CONCEITOS DO LOGO E ALGUMAS NOÇÕES GEOMÉTRICAS |
|---|--|
| 1 | Apresentação do investigador e do programa LOGO (distribuição de um pequeno manual), bem como da investigação a realizar. Distribuição de disquetes aos alunos e de um caderno para elaborar os planos e registos. |
| 2 | Introdução aos comandos elementares ou primitivas: PFn/PTn, VDn/Ven, CE, CB, simulados com o corpo e representados no quadro. |
| 3-4-5 | Execução das primitivas elementares no computador, com base em pequenos projectos dos alunos e em exercícios sugeridos (passo a passo — modo imediato e depois trabalho no editor — modo indirecto). |
| 6-7-8 | Continuação do trabalho anterior e análise dos trabalhos dos alunos registados na impressora. |
| 9-10-11 | Introdução ao comando REPETE (só com primitivas elementares): quadrado, rectângulo. |
| 12-13-14 | Continuação das sessões anteriores: utilização do comando REPETE (só com primitivas elementares): circunferência e triângulo equilátero. |
| 15-16-17 | Reflexão sobre a noção de ângulo como intercepção de planos; distinção entre ângulos internos e externos de um polígono; realização de vários exercícios sobre ângulos. Avaliação dos alunos no comando REPETE (iteração, modularidade simples) através dos trabalhos dos alunos feitos no computador. |
| 18-19 | Construção de procedimentos e subprocedimentos (vários tipos, de acordo com pequenos projectos feitos pelos alunos). |
| 20-21-22-23 | Utilização do comando REPETE (a lista a ser repetida contém primitivas e procedimentos). Ex.: escada, janela, cruz (onde irão integrar os procedimentos já anteriormente construídos: QUADRADO; RECTÂNGULO; CIRCUNFERÊNCIA; SEMI-PERÍMETRO, etc.). Passagem da 1ª “prova LOGO”. |
| 24 | Análise dos resultados da prova LOGO, discussão dos erros e dificuldades mais comuns |
| ACTIVIDADES: 2ª PARTE DO PROGRAMA APRENDIZAGEM DE OUTROS POLÍGONOS REGULARES, INTRODUÇÃO AO CONCEITO DE VARIÁVEL COMPUTACIONAL E APRENDIZAGEM DAS DUAS ESTRATÉGIAS DE PROGRAMAÇÃO (“BOTTOM-UP” E “TOP-DOWN”) | |
| 25-26 | Planificação de um pequeno projecto que incluía os procedimentos e subprocedimentos anteriormente construídos, designado por CASA (estratégia de programação “bottom-up”) |
| 27-28-29 | Execução e correcção do plano-esboço construído. |
| 30-31 | Reflexão com os alunos sobre as competências cognitivas utilizadas, nomeado-as e mostrando cartões com profissões que as têm por base. |
| 32-33 | Demonstração da estratégia “top-down”, no caso do projecto CASA. |
| 34-35-36-37 | Prática das diferentes componentes da estratégia. |
| 38-39-40-41 | Planificação de projectos concebidos pelos alunos e treino das duas estratégias programação. |
| 42-43-44-45 | Introdução ao conceito de variável computacional. Treino na utilização de procedimentos com variáveis. Passagem da 2ª prova “LOGO” |

No entanto, o ensino de cada nova primitiva ou conceito era feito de um modo sistemático, quer através da demonstração no computador ou mesmo no quadro, feita pela professora ou pela investigadora, quer através da discussão em grupo. Era durante estas demonstrações e discussões que os erros típicos das crianças, quer dizer, os erros mais comuns, eram analisados. Por exemplo, para que as crianças compreendessem e corrigissem os erros relativos à direcção da tartaruga e aos valores dos ângulos, a professora realizava actividades como "fazer de conta que se é a tartaruga", onde uma criança dava as instruções, outra simulava com o corpo e uma terceira fazia o traçado gráfico no quadro, vendo a direcção, e estimando o valor dos ângulos. Do mesmo modo se utilizou a queda de um lápis e a intersecção de folhas de papel e o transferidor, para analisar a noção de ângulo e determinar o valor dos ângulos internos e externos de alguns polígonos regulares. As crianças tinham ainda a oportunidade de praticar as novas primitivas e conceitos aprendidos no computador. No final desta fase, que durou até às férias de Carnaval, foi passado um teste de avaliação dos conhecimentos adquiridos em LOGO às crianças das três classes.

Nas classes de controlo foram feitas observações sistemáticas do ambiente de aprendizagem do LOGO. Referiremos mais à frente o que caracterizava cada ambiente das duas classes de controlo.

Os resultados foram discutidos e analisados com as crianças da C. E. numa sessão colectiva de uma manhã completa. Os resultados das C.C. foram devolvidos às professoras para estas terem uma ideia das evoluções das crianças e, se o desejassem, programarem estratégias de ensino que colmassem as dificuldades.

Foi a partir desta avaliação mais formal da aprendizagem que se começaram a diferenciar as propostas de actividades a dar a cada par de crianças.

Ensino de duas estratégias de programação

A Estratégia "Bottom-Up"

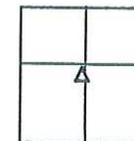
Cada par de crianças tinha programado já várias figuras geométricas: quadrados de vários tamanhos, rectângulos, triângulos equiláteros, circunferências; tinham ainda programado pequenos projectos que incluíam a utilização de procedimentos e subprocedimentos. Por exemplo: haviam

programado uma *Janela*, que consistia em utilizar o procedimento "quadrado":

Para Quadrado
Repete 4 [PF 50 VD 90]
Fim



Para Janela
Repete 4 [quadrado VD 90]
Fim



A elaboração da estratégia de programação consistiu em utilizar os procedimentos já construídos num projecto mais global, chamado CASA. As crianças, aos pares, fizeram:

- 1º) plano no caderno do que desejavam, tendo como único constrangimento usar os elementos já programados (reutilização de procedimentos);
- 2º) no computador modificaram os valores dos lados das figuras geométricas para que os valores fossem ajustáveis (modificação de procedimentos e correcção de erros); construção de procedimentos de deslocação e sua correcção; elaboração de um projecto global com superprocedimentos, procedimentos e subprocedimentos.

A estratégia "Top-down" (sugerida pelos trabalhos de De Corte)

Esta estratégia consistiu em duas fases: uma fase de planeamento estruturado e uma de execução e teste no computador. Na fase de planeamento, realizada fora do computador, distinguem-se três fases:

- 1ª) fazer um desenho, geometrizar-lo em papel quadriculado e decompô-lo nas partes constituintes;
- 2ª) construir um diagrama em forma de árvore (estrutura arborescente da programação) no qual o desenho geometrizado é subdividido em blocos de mais fácil programação; este diagrama foi feito segundo a sequência de programação no computador;

3ª) fazer desenhos separados dos diferentes blocos, indicando para cada um deles o comprimento e o valor dos ângulos e o ponto de partida e de chegada da tartaruga.

É óbvio que o planeamento como uma actividade metacognitiva ocorreu durante a fase do planeamento dos projectos e permitiu ainda aplicar as duas heurísticas: decomposição dos problemas em subproblemas de mais fácil resolução e construção de uma representação externa dos problemas e da solução. Depois do planeamento estar completo, a fase de execução-testagem no computador começava. Esta actividade envolveu a detecção e correcção de erros.

Esta estratégia de programação implicou que cada par de crianças iniciasse o trabalho no computador pelo procedimento mais global que era afinal o nome do projecto. Depois este procedimento global incluía os procedimentos abaixo e assim sucessivamente. Vejamos dois exemplos: um mais simples "CASINHA" e outro mais complexo "TEMPLO DIANA", este último elaborado pelo grupo mais adiantado.

PROJECTO "CASINHA"

PLANEAR (NO CADERNO)



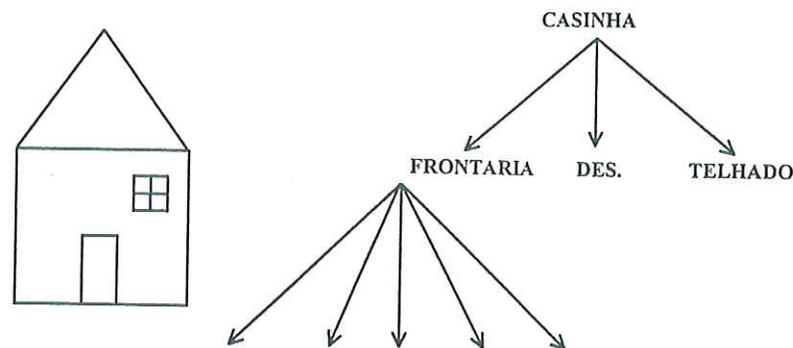
1º PASSO: Geometrização

2º PASSO: *Decompor a casa nas suas partes constituintes*

A CASINHA é composta por duas partes:
TELHADO
FRONTARIA (parte da frente)

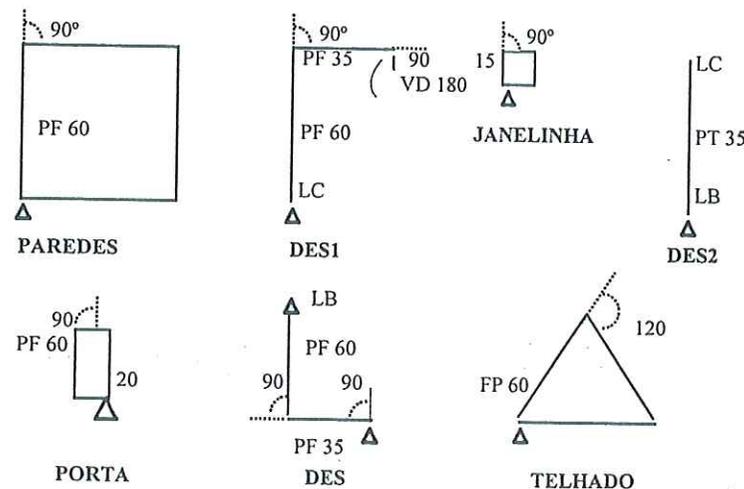
A FRONTARIA é composta por três partes:
PAREDES
PORTA
JANELINHA

3º PASSO: *Fazer um esquema que ajude a ver as partes constituintes da CASINHA e os procedimentos de ligação (deslocamentos) entre as várias partes.*



PAREDES DES1 JANELI. DES2 PORTA

4º PASSO: *Fazer desenhos separados para cada parte constituinte do projecto CASINHA indicando, para cada parte, o valor dos lados e dos ângulos, bem como o ponto de partida e de chegada da tartaruga.*



REALIZAR E CORRIGIR O PLANO FEITO (no computador).

1º PASSO: *Na página de trás, programar o procedimento CASINHA, escrevendo:*

PARA CASINHA
FRONTARIA
DES
TELHADO
FIM

O computador vai responder que não sabe fazer FRONTARIA IN CASA, pois vocês ainda não ensinaram a tartaruga a fazer a FRONTARIA.

2º PASSO: *Programar FRONTARIA, seguindo o plano feito no caderno. Para isso, escrevem:*

PARA FRONTARIA
PAREDES
DES1
JANELINHA
DES2
PORTA
FIM

O computador vai responder que não sabe fazer PAREDES IN FRONTARIA.

3º PASSO: *Vão ensinar a tartaruga a fazer FRONTARIA, seguindo o plano que fizeram no caderno e corrigindo os erros que forem encontrando.*

PARA PAREDES
REPETE 4 [PF 60 VD 90]
FIM

PARA DES1
LC PF 60 VD 90 PF 35 VD 90 PF 25 VD 180 LB
FIM

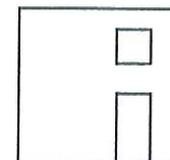
PARA JANELINHA
REPETE 4 [PF 15 VD 90]
FIM

PARA DES2
LC PT 35 LB
FIM

PARA PORTA
REPETE 2 [PF 20 VD 90 PF 10 VD 90]
FIM

4º PASSO: *Vão testar o procedimento FRONTARIA, para ver se está correcto. Escrevem, na página da frente: FRONTARIA.*

A tartaruga, se não existirem erros na programação dos subprocedimentos que constituem o procedimento FRONTARIA, fará:



5º PASSO: Programar o procedimento TELHADO e o procedimento DES

PARA DES
LC VE 90 PF 35 VD 90 PF 60 LB
FIM

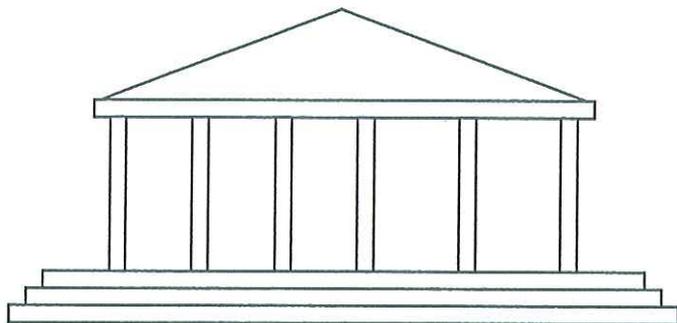
PARA TELHADO
VD 30
REPETE 3 [PF 60 VD 120]
VE 30
FIM

6º PASSO: *Podem testar o procedimento CASINHA, escrevendo na página da frente, LENTA e CASINHA. Se não existirem erros nos subprocedimentos que constituem o procedimento CASINHA, a tartaruga fará a casinha desejada. Se existirem erros, devem voltar à página de trás e tentar encontrar os erros e depois corrigir.*

EXERCÍCIO: Podem tentar fazer o procedimento BAIRRO, utilizando o procedimento CASINHA e o comando REPETE mais outras instruções. Tentem descobrir.

PROJECTO "TEMPLO DE DIANA"

1º PASSO: Geometrização



2º PASSO: Decompor o templo nas suas partes constituintes

O TEMPLO é composto por três partes:

ESCADAS
COLUNAS
COBERTURA

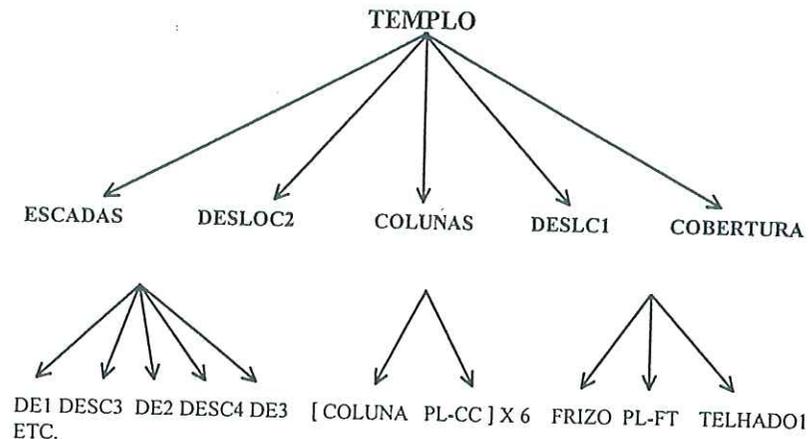
As ESCADAS são compostas por:
TRÊS DEGRAUS (DEGRAU1; DEGRAU2; DEGRAU3)

As COLUNAS são compostas por:
SEIS COLUNAS (COLUNA1; COLUNA2; COLUNA3;
COLUNA4; COLUNA5; COLUNA6)

A COBERTURA é composta por:

FRISO
TELHADO

3º PASSO: Fazer um esquema que ajude a ver as partes constituintes do TEMPLO e os procedimentos de ligação (deslocamentos) entre as várias partes



No método de ensino deste programa de LOGO, moderadamente construtivista, tentámos aplicar algumas estratégias de ensino que são consideradas, na recente literatura sobre a aprendizagem por meio da instrução, como positivas para promover a aquisição de conhecimentos e competências cognitivas, nomeadamente a *modelação*, o *suporte directo*, a *orientação*, a *reflexão*, e a *exploração*; utilizámos igualmente algumas estratégias que facilitam a aprendizagem do *transfert* das competências cognitivas ensinadas no contexto da programação: a *abstracção significativa* e a *descontextualização*. Estas técnicas de ensino foram sobretudo utilizadas durante a fase de ensino das duas estratégias de programação. Vejamos como:

- as estratégias de programação começaram por ser demonstradas pela “professora” (*modelação*). Esta demonstração levava as crianças a construir um modelo conceptual dos passos e processos requeridos para completar a tarefa.
- depois, cada componente das estratégias foi ensinada e praticada separadamente. Nesta fase, o *suporte directo* foi utilizado pela professora e pela investigadora, quer dizer, era dado um apoio directo aos alunos nas partes da tarefa que não conseguiam realizar independentemente;

- seguidamente, a cada criança foi dada a oportunidade de praticar ambas as estratégias, trabalhando em pequenos projectos em grupos de dois ou três (*exploração*);
- os alunos eram levados a *reflectir* sobre os procedimentos usados e os erros cometidos e a nomear os procedimentos e competências cognitivas usadas, *articulando-as*;
- a *abstracção significativa e a descontextualização* das competências cognitivas aprendidas na actividade de programação foi feita identificando outras tarefas em que os alunos usavam a planificação, a decomposição de problemas em subproblemas, a detecção de erros e sua correcção e a representação externa; foram dados ainda exemplos de profissões que usam predominantemente cada uma destas competências, utilizando “figuras” e fazendo discussões em grupo.

O ensino do LOGO nas C.C.

As observações das classes de controlo permitiram caracterizar o ambiente instrutivo das duas classes, nomeadamente, o tipo de actividades realizadas pelas crianças, o papel das crianças e das professoras, o método e estratégias instrutivas preponderantes. Estes elementos permitiram-nos estabelecer comparações com o método instrutivo utilizado na C. E. Serviu ainda para controlar estas variáveis e interpretar os resultados obtidos pelas crianças nas diferentes provas e tarefas (pré e pós-teste) que lhes foram aplicadas.

Não iremos analisar os dois ambientes de aprendizagem. Saliemos apenas que as duas professoras não preparavam sistematicamente exercícios e actividades, recorrendo sobretudo à exploração livre, induzindo a programação de figuras geométricas simples (os polígonos regulares) mas não estratégias de programação. No entanto, uma das professoras adoptava um tipo de interacção com os alunos mais individualizado e a outra um tipo de interacção com toda a classe.

Avaliação do plano experimental

A avaliação do plano (seguindo o princípio 7 de Collins) foi feita utilizando vários critérios, onde destacamos os três predominantes:

- avaliação do processo, recorrendo a observações naturalistas das classes em funcionamento e a entrevistas semi-estruturadas com as professoras das três classes;

- avaliação dos resultados, com uma metodologia pré-teste/pós-teste para determinar os efeitos de transferência das competências cognitivas e metacognitivas e com uma metodologia pós-teste no que se refere à avaliação dos conhecimentos geométricos;
- entrevistas com as professoras e a equipa de apoio técnico, um ano após ter terminado a experiência, para saber se as professoras continuavam a utilizar os computadores e os vários programas disponíveis, entre eles o LOGO; igualmente nos interessou saber se novos programas foram introduzidos e com que objectivos; tentámos ainda perceber se o “entusiasmo” e “empenhamento” das professoras nas actividades realizadas com o computador permaneciam idênticos aos que existiam quando realizámos o trabalho empírico.

Referiremos apenas as tarefas construídas para avaliar os efeitos de transferência e os conhecimentos (geométricos e de programação em LOGO).

Provas de transferência

No início do segundo período (Janeiro de 95), antes de se iniciar a aprendizagem formal das competências cognitivas na C.E., e no final do ano lectivo (Junho de 95), aos alunos das três classes foi passado um conjunto de tarefas de transferência, visando avaliar a sua capacidade de aplicar as competências cognitivas teoricamente elicitadas pela aprendizagem da programação LOGO e ensinadas às crianças do C.E. A construção destas tarefas teve em conta as competências em causa e a análise de tarefas similares utilizadas por outros investigadores.

Antes de passarmos as provas às crianças dos três grupos, ensaiámos-las numa classe de crianças do 4º ano de escolaridade de outra escola, similar, em alguns aspectos, às classes com quem trabalhamos, nomeadamente na idade e sexo das crianças e nível sócio-económico das famílias (na sua maioria da classe média). Este “ensaio” teve por objectivo avaliar o grau de dificuldade de cada prova, ver se era discriminativa, determinar tempos de realização, etc. Foi ainda feita uma estatística descritiva dos resultados de cada prova (nota máxima, nota mínima, amplitude, média e desvio-padrão) e um teste psicométrico para avaliar a homogeneidade de cada prova (*item/total correlation e mean item/total correlation – Cronbach Alpha*). Os resultados revelaram-se quase todos estatisticamente significativos ($p < .05$).

A prova do BAIRRO foi pensada e elaborada para avaliar a competência de *planeamento* (ver Figura 1). Foi passada individualmente e, embora

original, baseou-se numa certa concepção de planeamento⁴, isto é, em todo e qualquer procedimento hierárquico do organismo que permite precisar o modo de execução de um conjunto de operações (Miller, Galanter & Pribram, 1960), no seu papel central nas actividades cognitivas superiores (ver Newell & Simon, 1972) e nos trabalhos de Pea & Kurland (1984), de Littlefield *et al.* (1988) e de De Corte *et al.* (1990). Partimos do pressuposto (à semelhança de Pea & Kurland, 1984) que o planeamento só seria elicitado se a prova impusesse alguns constrangimentos aos sujeitos:

- a) o planeamento seria a única maneira de resolver o problema;
- b) a tarefa deveria ser suficientemente complexa de modo que a memorização dos sub objectivos fosse impossível;

⁴ Na actualidade existem duas perspectivas sobre a planificação: a cognitivista e a contextualista. Embora cada uma delas recubra várias teorias e modelos, podemos resumir do seguinte modo o que as caracteriza e distingue:

– A perspectiva cognitivista considera a planificação como uma competência cognitiva de alto nível que pode ser utilizada pelos sujeitos em vários domínios. Um “bom planeador” é visto como um indivíduo capaz de resolver com facilidade vários tipos de problemas, independentemente das áreas onde se aplica a planificação, que podem ir da solução de tarefas cognitivas a tarefas académicas ou mesmo às relações interpessoais. O planeamento envolve a aquisição de representações mentais ou, na palavras dos contextualistas, de representações armazenadas no cérebro. Segundo Baker-Sennett, Matusov & Rogoff (1993), grande parte da investigação da psicologia cognitiva do desenvolvimento tem adoptado esta perspectiva (ver Brown & DeLoache, 1978; Klahr, 1985; entre outros). Ainda segundo esta abordagem, a organização e inteligibilidade da acção está contida nos planos que lhe estão subjacentes. Os planos são ao mesmo tempo pré-requisitos e prescrevem a acção, mesmo quando têm que ser reajustados às situações, quer dizer, redefinidos. Por exemplo, o modelo de planeamento do paradigma cognitivista considera um plano uma sequência hierárquica de acções interligadas para atingir um determinado fim pré-concebido (ver Newell & Simon, 1972).

– A perspectiva contextualista considera que a planificação está intimamente associada às circunstâncias. O objectivo desta abordagem, ao estudar a planificação nas crianças, não está em determinar quando é que a capacidade de planeamento ou um estádio particular desta capacidade começa. Está sim em descrever a natureza da actividade de planificação, quer em termos de esforços empreendidos pela criança, quer em termos das próprias circunstâncias (ver Baker-Sennett *et al.*, 1993; Rogoff, 1990). A inteligibilidade da acção, contrariamente à perspectiva cognitivista, não reside nos planos, considerados como pré-requisitos e prescritivos da acção, mas nos planos que se constroem em interacção com as circunstâncias.

– Embora a concepção e ângulo de abordagem da planificação sejam diferentes nestas duas perspectivas, ambas consideram que a planificação tem algumas características que a distingue de outros fenómenos psicológicos. A planificação (como capacidade que se adquire ou como processo adaptado às circunstâncias) envolve: 1) orientação para atingir uma finalidade deliberada (mas não necessariamente consciente ou racional); 2) ponderação dos esforços para conter os problemas e atingir a finalidade; 3) uso de recursos mediatizados para atingir a finalidade.

- c) o domínio de conhecimento sobre que recairia a prova deveria ser familiar às crianças, de modo a que estas pudessem identificar as acções elementares a serem realizadas;
- d) a prova deveria fazer apelo ao mesmo tipo de actividades que as crianças utilizavam na programação em LOGO.

Foi pedido a cada criança que realizasse um conjunto de acções, num mapa de um bairro de Lisboa, percorrendo o caminho mais curto e carregando o mínimo de peso e de coisas possível.

A prova das FIGURAS COMPLEXAS, composta por 15 itens, foi passada colectivamente e consistia na descrição de figuras complexas em termos das suas partes. Resolver eficientemente esta prova requeria a aplicação da *heurística⁵ de decomposição de problemas*. As figuras complexas eram compostas por figuras simples familiares às crianças e programáveis em LOGO (polígonos regulares e círculos). A elaboração desta prova, embora original, baseou-se nos trabalhos De Corte e colaboradores (1990; 1992).

A prova HISTÓRIAS, inspirada nos trabalhos de Craver (1986), foi construída com o objectivo de medir a capacidade de *detectar e corrigir um conjunto de instruções* (ver Figura 1: exemplo de um item). Esta prova fazia de novo apelo a domínios familiares às crianças e a conhecimentos adquiridos no LOGO. É constituída por três histórias e, em cada uma, uma pessoa X dá instruções a uma pessoa Y. A pessoa Y segue as instruções correctamente mas o resultado não é o esperado, porque uma das instruções está errada. O que é pedido às crianças é que detectem o erro e o corrijam, de modo a obterem o resultado esperado.

HISTÓRIA 3 – NO PARQUE DE ESTACIONAMENTO

João estacionou o carro no parque do Rossio. Como tinha muito que fazer no escritório onde trabalha, pediu ao seu amigo Manuel para lhe ir buscar o carro. Deu-lhe uma lista de instruções que permitiam localizar o carro no parque. O Manuel seguiu correctamente as instruções mas havia um erro na lista e por isso o Manuel teve muita dificuldade em encontrar o carro. A *figura A* mostra o lugar exacto onde estava estacionado o carro do João. A *figura B* mostra as instruções dadas pelo João ao seu amigo Manuel. *Tenta encontrar o erro na lista de instruções dada pelo João*

⁵ As heurísticas são estratégias para analisar e transformar os problemas que aumentam substancialmente a probabilidade de obter êxito, embora não garantam que se encontre a solução correcta (ver Schoenfeld, 1992; De Corte, 1994).

Exemplos de métodos heurísticos são: análise cuidadosa de um problema discriminando o que se sabe do que não se sabe; trabalhar no sentido inverso, isto é, da solução para os dados do problema (Anderson *et al.*, 1985); decompor um problema em subproblemas de mais fácil resolução (Newell & Simon, 1972; Simon, 1982).

ao Manuel. Sublinha o erro na lista de instruções e corrige-o, escrevendo ao lado a palavra correcta.

Figura A – Como o carro do João estava realmente estacionado

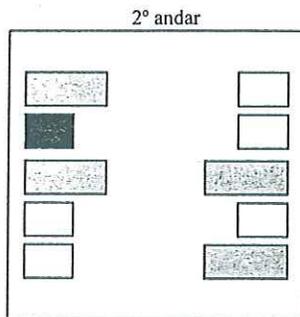
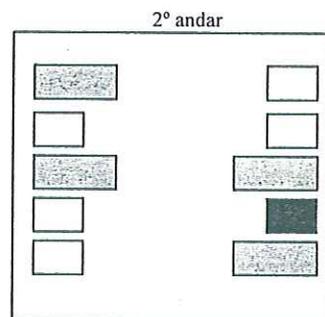


Figura B – Como o João disse ao Manuel onde o carro estava estacionado



Instruções dadas pelo João ao Manuel:

Sobes ao 2º andar
Tens uma fila de carros à direita
E outra fila de carros à esquerda
O meu carro é preto
Está entre dois carros grandes cinzentos
Na fila da direita.

Figura 1: Item da prova HISTÓRIAS

A prova DIAS DA SEMANA é composta por 10 itens e foi inspirada nos trabalhos de Bransford & Stein (1984). A melhor maneira de resolver os itens da prova é usar uma estratégia de *representação externa*⁶. Por isso, esta prova pretendia avaliar esta competência.

A prova CAIXAS, constituída por 5 itens, foi também construída com o objectivo de avaliar a heurística de *representação externa*. (ver Quadro 2, exemplo de um item). Foi inspirada nos trabalhos de Craver (1988) e nos trabalhos de De Corte *et al.* (1990).

⁶ A representação externa é uma heurística que consiste em elaborar uma representação gráfica (geralmente um diagrama) que facilita a solução de um problema que é dado em palavras (Bransford & Stein, 1984). Como qualquer heurística não conduz inevitavelmente à solução do problema, mas aumenta a probabilidade de a encontrar. Simon (1982) refere que uma boa maneira de resolver um problema é encontrar uma boa representação; e esta não é geralmente verbal mas figurativa (Larkin, McDermont & Simon, 1980; Paig & Simon, 1982).

4. Tens uma caixa grande. Dentro da caixa grande está uma caixa média. Dentro da caixa média estão cinco caixas pequenas. Dentro de uma das cinco caixas pequenas estão três caixas muito pequenas e dentro de outra caixa pequena estão duas caixas muito pequenas. Quantas caixas tem ao todo?

R: _____

Quadro 2: Item da prova CAIXAS

A prova de conhecimentos geométricos

Esta prova foi elaborada para avaliar o conhecimento dos alunos em geometria. Foi construída com base em várias fontes e tendo em conta o nível etário das crianças. As fontes foram:

- o programa de matemática do 1º ciclo da escolaridade;
- vários manuais de matemática do 3º e 4º anos da escolaridade;
- a teoria de Van Hiele sobre o desenvolvimento e aprendizagem da geometria (teoria dos níveis);
- o nosso conhecimento do trabalho desenvolvido pelas crianças no LOGO e na sala de aula, no que respeita à aprendizagem da geometria; e
- o conhecimento das professoras.

É constituída por 46 questões fechadas e 9 questões abertas (ver Quadro 3, alguns itens da prova de "GEOMETRIA").

14.

14.1. Quando os ponteiros de um relógio dão uma volta completa desenharam uma figura geométrica chamada _____ que mede _____ graus.

14.2. Como fazes uma circunferência em LOGO? Escreve o procedimento (as instruções que dás à tartaruga): _____

14.3. E como fazes uma semicircunferência em LOGO? Escreve o procedimento (as instruções que dás à tartaruga): _____

14.4. Qual é a parte do procedimento que te diz que a tartaruga vai fazer uma semicircunferência e não uma circunferência? _____

Quadro 3: Itens da prova de "GEOMETRIA".

As provas de conhecimentos LOGO

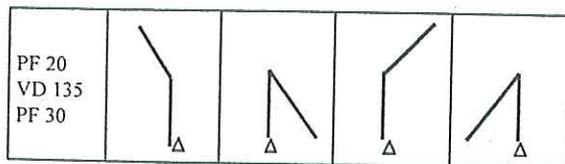
Foram elaboradas duas provas de avaliação dos conhecimentos LOGO adquiridos pelas crianças das três classes. Uma versão mais simples, passada no final do primeiro período, após três meses de aprendizagem, e antes de se iniciar o ensino das competências cognitivas na C.E. E outra versão mais complexa que foi passada no final do ano, antes de se realizar o pós-teste. Foram ainda analisados os trabalhos LOGO realizados pelas crianças das três classes ao longo do ano lectivo. A elaboração destas provas baseou-se em três fontes:

- análise de outras provas construídas por outros investigadores, nomeadamente as de De Corte *et al.* (1988) e as de Littlefield *et al.* (1988);
- análise dos erros mais comuns feitos pelas crianças na aprendizagem do LOGO;
- análise da própria linguagem de programação LOGO.

Cada prova é constituída por três tipos de questões. Uma que visam avaliar o conhecimento das primitivas ou comandos básicos da linguagem; outras a capacidade de previsão (efeito) de um conjunto de instruções e vice-versa; e as restantes outras a capacidade da criança produzir instruções, dando uma figura geométrica (ver Figura 2, *exemplos de cada tipo de questões*).

10. Se a tartaruga se encontra nesta posição,  quantos graus e para que lado tens de a fazer virar para que ela fique nesta posição? 

20. Faz uma cruz no desenho que a tartaruga faria se tu lhe desses as seguintes instruções:



39. Chama JANELA à figura abaixo desenhada. Depois escreve as instruções a dar à tartaruga para ela fazer JANELA. Cada quadricula são 10 passos da tartaruga. A tartaruga parte do centro do ecrã. Não te esqueças que tens de ensinar tudo o que a tartaruga precisa de saber para fazer JANELA.

Escreve aqui as instruções
PARA _____

Desenho no ecrã

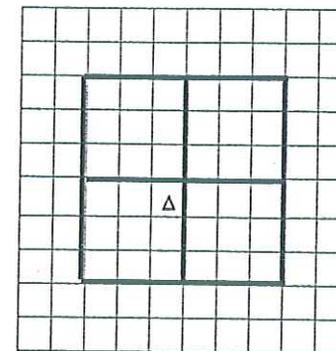


Figura 2: Exemplo de itens da prova LOGO

Os critérios de cotação de cada prova, alguns deles bastante complexos, não irão ser objecto de análise. Do mesmo modo não serão apresentados e discutidos os resultados obtidos. Gostávamos só de deixar referido que utilizámos o programa estatístico SPSS para analisar os dados; a principal técnica de análise foi a MANOVA (*Multivariate Analysis of Variance*).

4 Reflexões finais

Embora seja difícil tecer comentários finais sobre uma investigação onde apenas analisamos os aspectos metodológicos, deixando de lado a teoria e os resultados, gostaríamos de apresentar algumas ideias para reflexão. A metodologia do projecto experimental, aplicada à inovação tecnológica nas escolas, é uma metodologia que:

- permite desenvolver investigação educacional relacionada com a prática mantendo, no entanto, o rigor e sistematicidade do “método experimental”;
- fornece uma oportunidade aos investigadores de se confrontarem com o “real pedagógico” e com as dificuldades (e também alegrias) de concretizar em os “modelos idealizados”, levando ao seu ajustamento e depuração permanente, num processo de aproximações sucessivas;

- permite que os professores interessados participem na investigação, levantando questões, ensaiando novas maneiras de ensinar e avaliar os alunos;
- facilita, a troca do saber e do saber-fazer próprios de cada grupo (investigadores e professores) e conducentes a uma maior adequação entre as questões e métodos de investigação e os problemas quotidianos da prática de ensinar;
- gera oportunidades para que a inovação tecnológica nas salas de aula deixe de ser um “apelo” e “apanágio” dos especialistas e passe a ser uma questão “interna” das escolas e dos professores, dando aos alunos a oportunidade de utilizarem as novas tecnologias para aprenderem processos e conteúdos curriculares, preparando-os para uma sociedade fortemente marcada pelo desenvolvimento técnico-científico.

Referências bibliográficas

- BLANCHET, A. (1981). *Etude génétique des significations et des modèles utilisés par l'enfant lors de résolutions de problèmes*. Thèse présentée à la F.P.S.E. de l'Université de Genève pour obtenir le grade de docteur en psychologie. Genève: Imprimerie Nationale.
- BARANSFORD, J. D. (1979). *Human cognition, learning, understanding and remembering*. Belmont, California: Wadsworth Publishing Company.
- BRANSFORD, J. D. & STEIN, B. S. (1984). *The ideal problem solver*. New York: Freeman Press.
- BRUNER, J. (1998). *O processo da educação*. Lisboa: Edições 70. (tradução do original em língua inglesa publicado em 1960).
- BRUNER, J. (1966). *Toward a theory of instruction*. Cambridge, Mass.: The Belknap Press of Harvard University Press.
- BROWN, A. I. & DELOACHE, J.S. (1978). Skills, plans, self-regulation. In R. S. Siegler (Ed.), *Children's thinking: what develops?* New Jersey: Hillsdale Erlbaum, pp. 3-35.
- CASE, R. (1992). *The mind's staircase. Exploring the conceptual underpinnings of children's thought and knowledge*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Ass. Publishers.
- CLEMENTS, D. H. (1985). *Computers in early and primary education*. New Jersey: Prentice-Hall Inc.
- COLLINS, A., BROWN, J. S. & NEWMAN, S. E. (1989). Cognitive apprenticeship: teaching the craft of reading, writing and mathematics. In L.B. RESNICK (ED.), *Knowing, learning and instruction. Essays in honor of Robert Glaser*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum, pp. 353-393.

- COLLINS, A. (1992). Toward a design science of education. In E. Scanlon & Tim O'Shea (eds.), *New directions in educational technology*. Berlin: Springer-Verlag, pp. 15-22.
- CRAVER, S. & KLAHR, D. (1986). Assessing children's Logo debugging skills with a formal model. *Journal of Educational Psychology*, 76, pp. 1051-1058
- CRAVER, S. (1988). Learning and transfer of debugging skills: applying task analysis to curriculum design and assessment. In R. E. Mayer (ed.), *Teaching and learning computing programming. Multiple research perspectives*. Hillsdale, N. J.: Erlbaum, pp. 259-297.
- DE CORTE (1993). Toward embedding enriched Logo-based learning environments in the school curriculum: retrospect and prospect. In P. Georgiadis et al. (eds.), *Proceedings of the Fourth European Logo. Conference*. Athens Greece: University of Athens, Department of Informatics, pp. 335-349.
- DE CORTE (1995). Learning theory and instruction science. In P. Reimann & H. Spada (eds.), *Learning in humans and machines. Towards an interdisciplinaire learning science (in press)*.
- GLASER, R. (1991). The maturing of the relationship between science of learning and cognition and educational practice. *Learning and Instruction*, 1, pp. 129-144.
- LEHRER, R. et al. (1988). Influences of Logo on children's intellectual development. In R. E. Mayer (ed.), *Teaching and learning computing programming. Multiple research perspectives*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum, pp. 75-110.
- LITTLEFIELD, J. et al. (1988). Learning Logo: method of teaching, transfer of general skills, and attitudes toward school and computers. In R. E. Mayer (ed.), *Teaching and learning computing programming. Multiple research perspectives*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum, pp. 111-135.
- LITTLEFIELD, J. (1992). Book review of constructionism, by I. HAREL & S. PAPERT, Norwood, N.J.: Ablex Publishing, 1991. *Journal of Educational Computing Research*, 8, pp. 395-399.
- MAYER, R. E. (1988). *Teaching and learning computing programming. Multiple research perspectives*. Hillsdale, N. J.: Erlbaum.
- MENDELSON, P.; GREEN, T. R. G. & BRNA, P. (1990). Programming languages in education: the search for an easy start. In *Psychology of programming*. U.K.: Academic Press Ltd., pp. 175-200.
- MENDELSON, P. (1994). Le transfert des connaissances: la pierre philosophale de l'enseignant. Comunicação apresentada no *Colloque International sur les transferts de connaissances en formation initiale et continue*. Lyon.
- PAPERT, S. (1980). *Mindstorms, children, computers, and powerful ideas*. New York: Basic Books.
- PAPERT, S. (1993). *The children's machine. Rethinking school in the age of the computer*. New York: Basic Books.
- PEA, R. & KURLAND, D. M. (1984). On the cognitive effects of learning computers programming. *New Ideas in Psychology*, 2 (2), pp. 137-168.